

Kv Orkanen – brandskyddsprojektering på sin spets



I höst är det planerat för byggstart av nya lokaler för lärarutbildning och bibliotek vid Malmö högskola. Huset kan beskrivas som sex hallar ställda tätt intill varandra med en byggnadsyta på 43 000 kvadratmeter. Dessa femvåningshallar knyts samman med ljusgårdar. Byggnaden är annorlunda i förhållande till traditionellt byggande och det beslutades tidigt att brandskyddet skulle utformas med hjälp av analytisk dimensionering. De allmänna råden i byggreglerna ansågs inte vara tillämpbara på huset. Med hjälp av analytisk dimensionering har det varit möjligt att finna en

brandskyddsnivå som ger tillfredsställande säkerhet vid samtidigt som kostnadsbesparingar på drygt 20 miljoner kronor har uppnåtts.

Huset ligger på Hjälmarekajen (figur 1) i Malmö och kommer att spela en viktig roll som ett av Malmö högskolas landmärken. Planerad inflyttning är sommaren 2005.

Arkitekten Diener & Diener Fojab arkitekter AB har valt att utforma huset med stor öppenhet och flexibilitet. Fasadmaterialet består till stora delar av glas. I husets bottenvåning byggs en arkad där entrén är centralt placerad. En av de sex hallarna kallad centralhallen utformas annorlunda än de övriga. I denna kommer många publika funktioner att finnas som café, musiksall och ett stort auditorium. Från centralhallen går även en stor ljusgård upp till husets femte våning som inhyser det nya högskolebiblioteket. Cirka 3 000 personer förväntas använda lokalerna under dagtid.

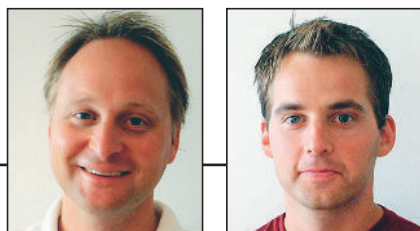
Riktlinjer för brandteknisk dimensionering

Sedan ett par år tillbaka har Malmö brandkår genom Malmö stadsbyggnadskontor tagit en aktiv myndighetsroll i byggprocessen. Genom lokala riktlinjer [1] styrs hur det byggnadstekniska brandskyddet ska hanteras i byggprocessen. Bland annat rekommenderas att ett förbe-

Figur 1: Nya lokaler för lärarutbildning och bibliotek vid Malmö Högskola. Arkitekt är Diener & Diener Fojab arkitekter AB.

redande byggsamråd hålls tidigt i projekteringen. Detta samråd utgör en brandskyddsgenomgång där myndighet, arkitekt, byggherre och brandkonsult träffas för att diskutera utformning, kompetens, acceptanskriterier samt verifierings- och kontrollbehov. Förberedande byggsamråd rekommenderas där ökad brandskyddshänsyn krävs eller där konsekvensen kan bli stor för människa och omgivning. Exempel på byggnader är vårdboenden, samlingslokaler, skolor, hotell och bostadshus högre än åtta våningar.

I [1] finns anvisningar hur brandskyddet bör projekteras. I detta dokument beskrivs dimensioneringsmetodiken för olika kravnivåer. Nivå 1 innebär att dimensioneringen sker med hjälp av handböcker och schablonmetoder och nivå 2 innebär en analytisk dimensionering och ska utföras då byggnaden inte projekteras enligt gällande föreskrifter och råd. Nivå 2 omfattar brandtekniska konsekvensanalyser och olika typer av kvantitativa riskanalyser. Brandtekniska beräkningar används för att verifiera om ett givet brandskydd ger den eftersträfvade effekten. Nivå 2 bör användas då ett eller flera krav i gällande föreskrifter och råd inte efterlevs så att den alternativa utformningen påverkar mer än bara en parameter. Till exempel öppen planlösning med långa gångavstånd som kompenseras med automatiskt brand- och utrymningslarm samt meka-



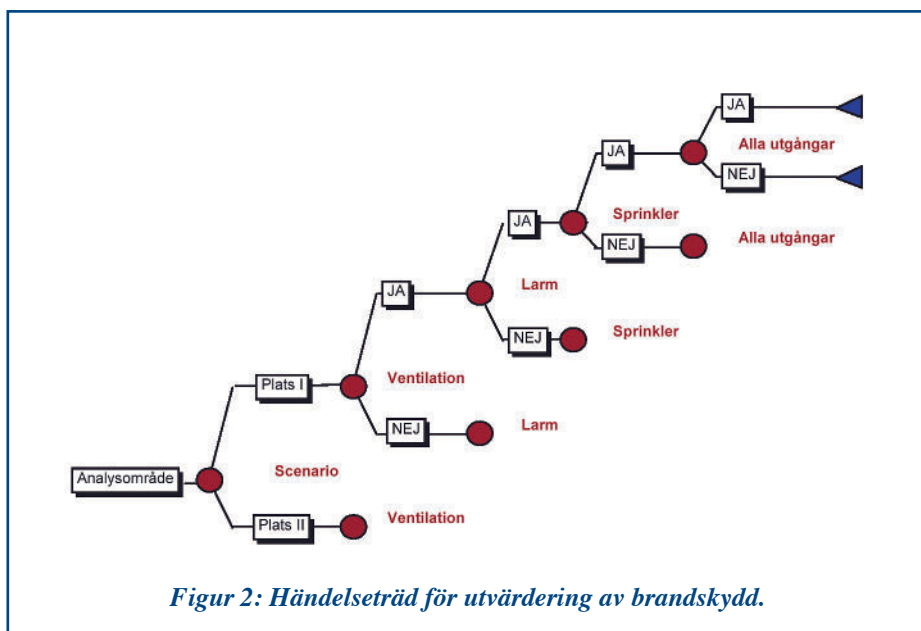
Artikelförfattare är brandingenjörerna **Jan Nählinder** (tv) och **Fredrik Nystedt** vid Øresund Safety Advisers AB i Malmö.

nisk brandgasventilation. Detta påverkar hela systemet i lokalen, vilket medför att flera parametrar måste analyseras, till exempel brandförlopp, brandgasfyllnad, total utrymningstid med mera. Då dessa dimensioneringsmetoder medför osäkerheter är det viktigt att antingen välja konservativa indata eller använda säkerhetsfaktorer. Dimensioneringsmetoden förutsätter att alla system fungerar och att allt annat även går som planerat. Det är därför viktigt att även utreda vad som händer om en felfunktion uppkommer i hela eller en del av systemet genom erforderligt antal känslighetsanalyser. Metoden förutsätter även dimensioneringskontroll av antaganden och genomförda beräkningar.

På senare tid har både projektörer och myndigheter uppmärksammat att gällande råd i byggreglerna inte kan tillämpas på flertalet av de "icke-traditionella" byggnader som projekteras i landet. Exempel på sådana byggnader är Turning Torso, Scandinavian Tower, nöjescentrat vid Värnhemstorget i Malmö, Kista Science Tower med flera. I kommande utgåva av BBR anges att analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys ska verifiera brand- och utrymnings-säkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada. Byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada är större komplexa byggnader eller och byggnader där det kan vistas ett mycket stort antal personer. Exempel på sådana byggnader kan vara byggnader med fler än 16 våningsplan, och byggnader med, vissa typer av större samlingslokaler, eller större vårdanläggningar, samt komplexa byggnader under mark.

Förberedande samråd tidigt i projektet

Med tanke på kv Orkanens storlek, utformning och persontäthet genomfördes ett förberedande samråd tidigt i programhandlingsstadiet. Vid detta möte ansåg Malmö stadsbyggnadskontor att dimensioneringsmetodiken bör motsvara nivå 2 där olika tänkbara händelseförlopp bör analyseras i händelseträdsmetodik. Det



Figur 2: Händelseträd för utvärdering av brandskydd.

ansågs även att gällande råd i byggreglerna inte var tillämpbara och att personsäkerheten skulle säkerställas utifrån resultatet av en analytisk dimensionering. I detta skede fanns inget bestämt avseende byggnadens brandskydd. Tre olika alternativ togs fram. Alternativ 1 innebar att det skulle finnas tre utrymningsvägar per hall och ett manuellt utrymningslarm. Alternativ 2 hade två utrymningsvägar samt ett automatiskt brand- och utrymningslarm. Det tredje alternativet var identiskt med alternativ 2 förutom att brandskyddet kompletterades med en automatisk vattensprinkleranläggning. De tre brandskyddsalternativen utvärderades senare med hjälp av en riskmodell.

Beräkning av personrisk

Riskmodellen har sin bas i beräkning av personrisk vid brand. Metodiken går ut på att brandskyddsalternativet utvärderas med hjälp av händelseträdsteknik, där sannolikheten och konsekvensen för olika scenarier beräknas. Resultatet kommer i form av sannolikhets- och konsekvensparametrar, ur vilka man sedan kan ta fram information om individrisk, medelrisk, maximal konsekvens. Det är även möjligt att identifiera händelser och kombinationer av händelser som ger skada. Som ett komplement till den traditionella händelseträdsanalysen kommer även variabler och osäkerheter att hanteras och kopplas till deras påverkan på resultatet. Händelseträdstekniken innebär att ett antal händelser som är relevanta för brandsäkerheten studeras i syfte att finna brandskyddets starka och svaga sidor. Händelser som tas med är exempelvis huruvida brandlarmet och sprinklern fungerar samt om utrymningsvägar blir blockerade. I händelseträdet bildas ett antal scenarier som utgör en viss kombination av händelser, till exempel brandlarm fungerar, sprinkler fungerar inte, en utrymningsväg blockerad. För varje scenario utförs sedan beräkningar på brand- och utrymningsförlopp för att fastställa i fall alla människor hinner utrymma eller inte. Om alla ej hinner utrymma anges hur många som blir kvar i byggnaden. Dessa beräkningar syftar till att ta reda på sannolikheten för och konsekvensen av varje scenario i händelseträdet. För att byggnadens brandsäkerhet ska anses vara verifierad krävs en analys av flera brandscenarier. För kv Orkanen har bränder placerats i tre olika byggnadsdelar (analysområden), vilka ansågs kunna representera hela huset.

Varje brand antas kunna uppkomma på två platser inom respektive byggnadsdel och tillförlitligheten hos tekniska system som sprinkler, brandlarm, ventilation, etc har belysts. I figur 2 visas det händelse-träd som använts.

Med hjälp av datorprogrammet Fast [2] har ekvationer som beskriver tid till kritiska förhållanden som en funktion brandens tillväxthastighet tagits fram. Utrymningsberäkningarna har i huvudsak utförts med hjälp av handberäkningsuttryck [3] som programmerats i analytisk modell i Matlab. Syftet med att använda dessa modeller är att hanteringen av osäkerheter som görs med statistisk simulering kräver att konsekvensen kan beräknas med analytiska uttryck.

Hur ska resultatet utvärderas?

När säkerhetsnivån ska värderas efter riskanalysen så kan detta göras på två sätt. Det ena utgår från någon slags definierad acceptabel säkerhetsnivå och man gör en jämförande analys. Det andra använder ett absolut kriterium för säkerheten som ska uppfyllas. Det finns dock svårigheter med båda angreppssätten. I det första fallet kan det vara svårt att finna en acceptabel säkerhetsnivå utifrån tidigare projekterade byggnader och i det andra fallet är själva arbetsmetodiken och beräkningsmodellerna för osäkra för att ge ett korrekt mått. Eftersom det tidigt framkom att byggnaden inte kan projekteras enligt de allmänna råden så är även ett jämförande kriterium uteslutet. Risknivåerna bör därför jämföras mot någon form av absolut kriterium. I dagsläget saknas praktiskt tillämpbara kriterier och i projektet har därför ett försök gjorts för att finna några enkla riskvärderingsregler.

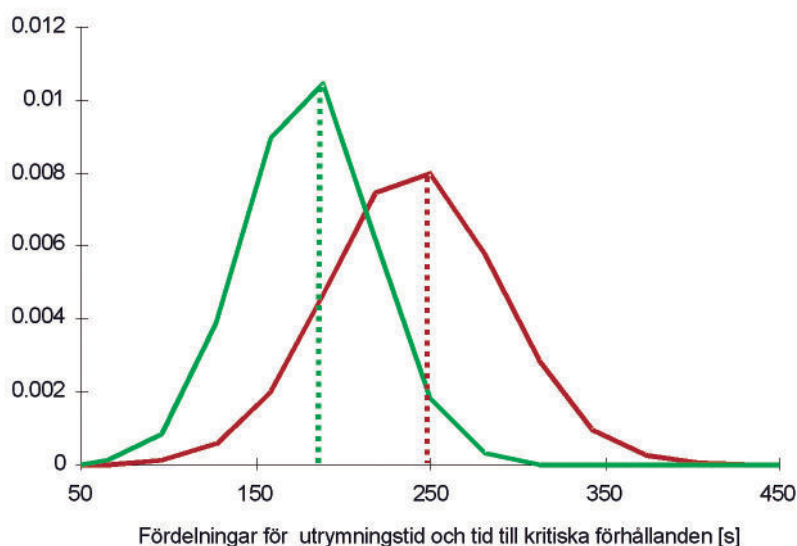
Värdering av risker i stort görs utifrån ett antal principer [4] beroende på bland annat utifrån vilket syfte man har med riskjämförelsen. Nedan visas ett försök att överföra dessa principer till brandskydd i byggnader. *Rimlighetsprincipen* ska alltid tillämpas. Om man följer de funktionskrav som anges i BBR [5] så bör brandskyddet hamna på en rimlig nivå. Grundläggande brandskyddskrav som att alltid ha tillgång till två av varandra oberoende utrymnings-

vägar är ett krav som hamnar under rimlighetsprincipen. *Proportionalitetsprincipen* medför att man tolererar större brandrisker inom en verksamhet som har ekonomiska fördelar av den, till exempel inom industrier etc. I dessa byggnader är det upp till ägaren att säkerställa en för honom rimlig brandskyddsnivå, så länge grundkraven i BBR uppfylls. Man kan även tänka sig att regleringar i konstruktions-, fasad-, och ytskiktsmaterial kan härledas till denna princip. *Fördelningsprincipen* medför att brandriskerna ska vara fördelade i byggnaden. Konsekvenser av en brand i en byggnadsdel ska inte påverka dem som i tur inte kan påverka brandens uppkomst och spridning. Till denna princip tillhör framförallt brandskyddskrav som byggnadens indelning i brandceller, tillräcklig avstånd mellan byggnader och tillgång till oberoende utrymningsvägar. *Principen om undvikande av katastrofer* medför att risken hela tiden ska minska med ökande konsekvens. Det ska vara skillnad på att sannolikheten att en människa skadas och att fem, tio osv skadas. Samhället är mer villigt att acceptera tio bränder med en skadad per brand än en brand med tio ska-

dade. De olika brandskyddsalternativen utvärderas mot varandra genom att jämföra följande utdata (i prioriteringsordning).

- Individrisk, dvs sannolikheten att någon kommer till skada vid brand. Det ska säkerställas att ingen kommer till skada vid en tillväxande brand då samtliga skyddssystem fungerar.
- Antal felhändelser som krävs för att skada ska uppkomma. Ju fler kombinationer av felhändelser som krävs för att någon ska komma till skada desto bättre är det.
- Medelrisk, dvs genomsnittlig konsekvens per brand.
- Maximal konsekvens vid brand.

Ovanstående kriterier gäller för samtliga som vistas i byggnaden förutom de enskilda personer som befinner sig i ett mindre avgränsat utrymme och branden uppkommer i detta utrymme [4]. Det är enbart individrisken som förses med ett kvantitativt kriterium. Orsaken till att de andra kriterierna endast utvärderas kvalitativt är att riktlinjer saknas både nationellt och internationellt hur värdering ska ske. Brandskyddet i kv Orkanen ska därför utformas så att det säkerställs att ingen



Figur 3: Illustration av utrymningstid och tid till kritiska förhållanden i en deterministisk respektive en probabilistisk analys.

skadas så länge alla skyddssystem fungerar. Resultatet ska vara fastställt med en konfidenznivå på 95 procent.

Om osäkerheter hanteras...

Vid hantering av risker så måste det finnas en på förhand given nivå som anses vara acceptabel. I en ideal värld så kan man föreslå att risken för skada ska vara lika med noll. Men på grund av osäkerheter i både användning, dimensionering och projektering så går det inte att uppfylla ett nollriskkriterium. Även riskekonomin för en sådan lösning är svår att försvara. Det har visat sig vid tidigare brandtekniska utredningar att brandriskerna i byggnader som projekterats både med förenklad dimensionering och dimensionering genom beräkning har säkerhetsnivåer och risker som kan ifrågasättas. Den stora frågan är när risken bedöms vara så låg så att den är både rimlig och praktisk. *Figur 3 på föregående sida* försöker visa skillnaden mellan deterministiska och probabilistiska angreppssätt.

De streckade linjerna anger resultatet från en deterministisk beräkning där punktvärden var använt i stället för fördelningar. Utrymningstiden är alltid kortare än tiden till kritiska förhållanden. Det finns ingen möjlighet att det är tvärtom. Om man i stället beskriver de två tidpunkternas statistiska fördelningar (karaktäriserade av ett medelvärde och en standardavvikelse) för att hantera de osäkerheter som ingående variabler har så kan det finnas en möjlighet att den ena överlappar den andra. I figur 3 framgår det att det finns en viss risk att tiden till kritiska förhållanden understiger den utrymningstiden. Sannolikheten att detta sker kan beräknas med statistiska simuleringar och resultatet kan illustreras som i *figur 4*.

Eftersom brandskyddet i kv Orkanen projekteras probabilistiskt med hantering

av osäkerheter så är det nödvändigt att bestämma en nivå där man inte kan säkerställa trygg utrymning trots att samtliga skyddssystem fungerar. I [6] undersöks säkerhetsnivån i affärslokaler. För lokaler med en golvarea på 900 m² och en takhöjd på 3–4 m är risken att någon skadas givet att skyddssystemen fungerar mellan 10–20 procent. Inom ett flertal discipliner sorterar man bort extremvärden från de dimensionerande scenarierna.

Val av brandskyddsalternativ

Utvärderingen visade att det var endast ett av de tre alternativen (alternativ 3) som ansågs ge tillfredsställande säkerhet. Följande principer fastställdes. Byggnaden ska förses med ett automatiskt brand- och utrymningslarm, en automatisk vattensprinkleranläggning ska installeras och det krävs två trapphus för utrymning från varje huskropp. Det valda konceptet gav möjligheter till en optimering av andra brandskyddssystem. Bland annat var det möjligt att använda oskyddat glas i utvändiga fasad samt att minska den brandtekniska klassen på de bärande och i vissa fall de avskiljande konstruktionerna. Eftersom brandskyddet inte följer traditionella råd är det byggherrens uppgift att visa att säkerheten är minst lika god som om alla råd vore uppfyllda. Denna verifiering har utförts av ØSA med hjälp av litteraturstudier, datorprogram och handberäkningsuttryck. Kraven på verifiering, dokumentation och kontroll är omfattande. Verifiering har gjorts av personsäkerhet, bärförmåga vid brand, fasadutformning och brandgasventilation. Bärförmågan optimerades med hjälp av ett sannolikhetsresonemang baserat på att risken för konstruktionskollaps ska vara den samma före såväl som efter en installation av sprinkler. Eftersom sprinklersystemet minskar sannolikheten för att en brand blir fullt utvecklad är det möjligt att

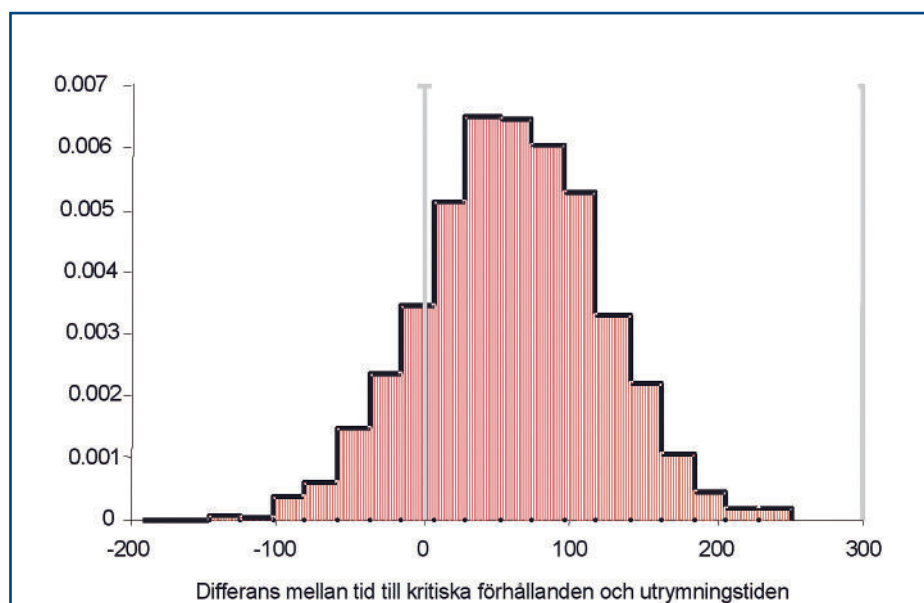
reducera bärklassen. Generellt kan sägas att det var möjligt att reducera brandteknisk klass på vertikalt bärverk från R90 till R60. Brandgasventilationen i ljusgården har dimensionerats med handberäkningsuttryck och kontrollerats med simuleringar i fältmodellen Fire Dynamics Simulator [7].

22 miljoner i kostnadsbesparing!

Genom att följa den metodik för beräkning av kostnadseffektivitet som redovisas i [8] har det fastställts att den analytiska dimensioneringen av brandskyddet i kv Orkanen medförde kostnadsbesparingar på cirka 22 miljoner kronor. De största besparingarna görs då fasaden kan utformas med lägre brandteknisk klass samt att det är möjligt att minska antalet trapphus per hall från tre till två. En anpassad utformning av brandlarmssystemet och ventilationssystemet bidrog också till kostnadsbesparingen. Sammanfattningsvis kan sägas att det finns stora möjligheter med att dimensionera brandskyddet analytiskt. Genom att studera brandsäkerheten på ett mer nyanserat sätt än vad de allmänna råden tillåter är det möjligt att finna ett skräddarsytt brandskydd för byggnaden. Visserligen kostar projekteringen av brandskyddet med hjälp av en analytisk metodik bra mycket mer än om förenklad dimensionering tillämpas. Men i jämförelse med den potential till kostnadsbesparing som finns är det bara marginellt. ■

Referenser

- [1] Malmö brandkår mfl, *Gemensamma riktlinjer för brandteknisk dimensionering*, Malmö, 2001, www.malmo.se.
- [2] Peacock mfl, *A User's Guide for FAST*, Special Publication 921, National Institute of Standards and Technology, USA, 2000.
- [3] Frantzich, H., *En modell för dimensionering av förbindelser utifrån funktionsbaserade krav*, Rapport 1011, Institutionen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1994.
- [4] Davidsson mfl, *Värdering av risk*, Rapport P21-182/97, Karlstad, 1997.
- [5] BBR, *Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar tom BFS 1998:38*, Boverket, Karlskrona 1998
- [6] Angerd, M., *Är utrymningsschablonerna vid brandteknisk dimensionering säkra?*, Rapport 5028, Avdelning för brandteknik, Lund universitet, Lund, 1999.
- [7] McGrattan, K.B., Forney, G.P., Floyd, J.E., Hostikka, S., *Fire Dynamic Simulator (Version 2) – User's Guide*, NISTIR 6784, National Institutes of Standards and Technology, USA, 2001.
- [8] Lundin, J., Olsson, F., *Kostnadseffektiv utformning av brandskydd*, Rapport 3110, Avdelningen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2000.



Figur 4: Illustration av marginalen mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden. Om marginalen är negativ så kan ej alla människor utrymma utan skada uppstår.